Aus der Abteilung für Zahn- und Kieferersatz (Leiter: Privatdozent Dr. KARL GREVE) des Zahnärztlichen Universitäts-Instituts in BRESLAU
(Direktor Prof. Dr. HERMANN EULER).

Studien über Einbettungsmassen und ihren Einfluß auf die Oberflächengestaltung von Gußarbeiten.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde der medizinischen Fakultät der Schlesischen Friedrich-Wilhelm-Universität zu BRESLAU,

vorgelegt von

FRITZ JUNG, Zahnarzt.

1926

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Schlesischen Friedrich-Wilhelm-Universität zu Breslau.

Berichterstatter: Privatdozent Dr. Karl Greve.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548228_0138

Aus der Abteilung für Zahn- und Kieferersatz (Leiter Privatdozent Dr. KARL GREVE) des Zahnärztlichen Instituts (Direktor Professor Dr. HERMANN EULER) der Universität Breslau.

STUDIEN UEBER EINBETTUNGSMASSEN UND IHREN EINFLUSS AUF DIE OBERFLAECHENGESTALTUNG VON GUSSARBEITEN.

Von

FRITZ JUNG.

Das Jahr 1904 bildet einen Wendepunkt in der Geschichte des zahnärztlichen Gußverfahrens. Der Breslauer Zahnarzt Dr. Ollendorf veröffentlichte damals in der Deutschen Monatsschrift für Zahnheilkunde seine „Neue Methode zur Herstellung von Zahnersatzstücken", die als erste den Goldguß ganzer Platten ermöglichte. Seine noch recht umständliche Arbeitsweise wurde bald von Taggard, Solbrig, Jameson und anderen vereinfacht, und so in wenigen Jahren die Gußtechnik zu ihrer heutigen Höhe geführt. Sie erlaubte in vielen Fällen erst die Verwendung des Goldes bei der konservierenden Behandlung der Zähne und verbesserte ganz bedeutend den Zahnersatz. Wenn auch die Ausnützung anderer Materialien den Goldguß möglicherweise in Zukunft einschränken wird, — ich denke an die von Hauptmeyer bereits in Aussicht gestellte Gußmöglichkeit des vorzüglichen Kruppschen rostfreien Stahls, — so wird für erste das Goldgußverfahren doch noch ein wichtiges Mittel zur unmittelbaren und direkten Herstellung von Füllungen und Zahnersatzarbeiten bleiben.

Damit soll nicht gesagt sein, daß das heutige Gußverfahren nicht noch verbesserungsfähig sei. Es haften ihm vielmehr noch wesentliche Mängel an, deren Ursachen durchaus nicht in fehlerhafter Arbeitsweise liegen. Auf die durch die Formveränderungen des Wachses, der Einbettungsmassen und des Goldes während des Gießens und der hierzu notwendigen vorbereitenden Maßnahmen auftretenden Fehler haben W. A. Price, O. Solbrig und Smreker schon hingewiesen und Mittel und Wege zu ihrer Verhütung gezeigt. Auch viele andere durch die Methode

des Gußverfahrens bedingten Mängel sind beseitigt oder auch bedeutend verbessert worden. Ein Nachteil aber besteht noch heute in derselben Form wie in den ersten Zeiten der Gußtechnik. Unsere Gußstücke zeigen immer noch eine recht rauhe Oberfläche, die der glatten Form der eingebetteten Wachsmodelle durchaus nicht entspricht, was von den Anhängern der Methode, Platten, Kronendeckel usw. zu stanzen, als besonders großer Fehler empfunden wird. Vergleicht man ein noch unbearbeitetes Gußstück mit scheinbar recht glatter Oberfläche und ein feingeschliffenes, aber noch nicht poliertes Stück unter dem Mikroskop, so ist ein recht bedeutender, ja überraschender Unterschied in der Oberflächengestaltung zu erkennen. Der durch das Schleifen bedingte Zeit- und Materialverlust, wie auch die hierdurch naturgemäß eintretende Formveränderung sind nicht unbeträchtlich und fordern eine Verbesserung der Arbeitsweise.

Der Grund, weshalb dieses noch nicht geschehen ist, liegt im Wesen unseres Gußverfahrens. Wie Grawinkel in der Vierteljahrsschrift für Zahnheilkunde 1924 darlegt, darf es nicht als Preßgußverfahren bezeichnet werden, da wir nicht in feste glatte Formen unter hohem Druck gießen können und deshalb auch nicht die glatten, keiner Bearbeitung mehr bedürfenden Gußstücke erreichen, die z. B. in der Eisenindustrie durch Gießen in Stahlformen erzielt werden. Wir können nur einen kleinen Ueberdruck auf das flüssige Metall ausüben, um nicht die verhältnismäßig wenig festen Formen zu zersprengen, was ja die von Grawinkel vorgeschlagene Bezeichnung Ueberdruckgußverfahren sehr genau ausdrückt. Die Umständlichkeit der Herstellung von Hartmetallformen für unsere Zwecke lohnt sich nicht, da nicht zwei zu gießende Stücke einander genau gleichen werden und so für jedes Modell eine besondere Form angefertigt werden müßte. Da dieser Weg also nicht gangbar ist, kann daher nur versucht werden, die bisher als Einbettungsmassen gebrauchten Formmaterialien zu verbessern oder durch geeignetere, die einen glatteren Guß ermöglichen, zu ersetzen.

Ehe man daran geht, eine neue, den angeführten Gesichtspunkten Rechnung tragende Formmasse zu suchen, ist es angebracht zu prüfen, ob und unter welchen Bedingungen die jetzt gebräuchlichen Einbettungsmassen bessere Ergebnisse zu liefern imstande sind. Selbstverständliche Voraussetzung ist dabei, daß das Wachsmodell glatt geformt ist und sorgfältig eingebettet wird. Zweckmäßig ist es, das Werkstück vorher mit Alkohol zu entfetten, um ein genaues Sichanschmiegen der Formmasse zu ermöglichen. Was Grawinkel über die Form und Anbringung der Gußstifte in dem schon oben

erwähnten Aufsatze sagt, ist nur zu befolgen. Er rät, möglichst dünne Stifte zu verwenden, die am Modell in der Richtung der größten Ausdehnung angebracht werden sollen. Zum Einbetten eignet sich am besten ein gerade noch vom Löffel tropfender Brei, zu dessen Bereitung man abgestandenes Wasser nimmt, um Luftblasen nach Möglichkeit zu vermeiden. Er läßt noch genügend Zeit zum sorgfältigen Arbeiten und weist wegen seines relativ geringen Wassergehaltes eine genügende Festigkeit beim Erhitzen auf.

Die hierbei mitwirkenden Faktoren bedürfen noch in vieler Beziehung der Untersuchung. Ich habe nur einige davon zunächst herausgegriffen. Besteht z. B. ein Einfluß der Erhärtungszeit oder besser der Wartezeit zwischen Anrühren der Masse mit Wasser und Erhitzen der Form auf die Oberfläche der Gußstücke? Um dies festzustellen, war es nötig, Wachsmodelle mit wenigstens einer möglichst glatten Fläche zu formen. Dies wurde auf folgende Weise erreicht. Flüssiges Gußwachs wurde auf eine mit Alkohol gereinigte und, um das Ankleben zu verhüten, kalte Glasplatte getropft, in kleine Tafeln geschnitten und vorsichtig abgehoben. Die dem Glase zugekehrte Fläche zeigt einen spiegelnden Glanz. Der Gußstift wurde so angebracht, daß das einströmende Gold nicht auf die besonders hergerichtete Fläche auftreffen konnte, um ein etwaiges Aufwirbeln der durch das Erhitzen in ihrer Festigkeit geschwächten Masse und eine dadurch verursachte Formveränderung zu vermeiden. Nach Entfetten und Einbetten mit einer der im Handel erhältlichen Massen, — da es sich ja nur darum handelte, Vergleichswerte zu finden, brauchte hier die Korngröße und -form noch nicht berücksichtig zu werden, — wurden die Muffeln nach verschieden langer Wartezeit vorsichtig bis zur Rotglut erhitzt. Als Gußmetall wurde 20 K.-Gold benützt, das eben flüssig geworden, mit der Handschleuder in die Form gebracht wurde. Wenn auch versucht wurde, sämtliche Güsse unter möglichst gleichen Bedingungen vorzubereiten und auszuführen, stößt, wie Smreker sagt, die Erfüllung der Gleichheit beim Erhitzen der Einbettungsmasse, beim Schmelzen des Goldes und bei der Anwendung des Druckes doch auf Schwierigkeiten. Um daher wenigstens mit einiger Sicherheit vergleichen zu können, wurden nach derselben Wartezeit stets mehrere Güsse ausgeführt. Mit dem Ausbrennen des Wachses wurde nach ¼, ½, 1, 2, 4 und 24 Stunden begonnen. Ein bemerkenswerter Unterschied war dabei nicht festzustellen, doch ist die Oberfläche der erst nach einigen Stunden begossenen Stücke ein wenig rauher als die der nach kurzer Wartezeit hergestellten. Der Vergleich wurde so vorgenommen, daß das Werkstück erst mit der Lupe

und dann mit dem Mikroskop im auffallenden Lichte betrachtet wurde. Price beobachtete dieselbe Erscheinung und führt zu ihrer Erklärung folgendes an: Da nach vollständigem Austrocknen der Form das Wachs beim Erhitzen nicht mehr herausfließt, sondern im Innern der Form verbrennt, werden hierdurch oberflächliche Teile der Masse abgesprengt, was dann natürlich eine glatte Oberfläche unmöglich macht. J. G. Lane, nach Smreker zitiert, dagegen fordert ein mehrstündiges Warten und will dann erst die besten Ergebnisse erreicht haben. Solbrig wieder verlangt, mit dem Ausbrennen des Wachses bald zu beginnen, um die Formveränderung durch den Gips, dessen Erstarren durchaus noch nicht das Ende aller chemischen Umsetzungen bedeutet, hintanzuhalten. Es erscheint also ratsam und nach Ansicht der meisten Autoren, auch Smreker und Grawinkel stimmen dafür, zur Erzielung glatter Güsse notwendig, bald nach dem Erhärten der Masse vorsichtig das Erhitzen einzuleiten. Die Flamme muß hierbei so klein gehalten werden, daß das Wachs nur langsam herausfließt und das in der Masse noch befindliche Wasser allmählich verdampft. Ein zu schnelles Vorgehen führt zur Bildung von Sprüngen, die schon mit bloßem Auge die Zerstörung der Form zeigen. Im allgemeinen wird wohl so vorgegangen, daß die Muffel bis zur Rotglut erhitzt und dann bald der Guß vorgenommen wird, während Taggard, Ward, Smreker und andere in die nach dem Ausbrennen wieder erkaltete oder nur leicht erwärmte Form gießen. Zu untersuchen ist daher auch, in wieweit diese beiden entgegengesetzten Arbeitsweisen die Oberfläche der Gußstücke beeinflussen. Die in kalten Formen gegossenen Stücke zeigen bei stärkerer Vergrößerung betrachtet eine rauhere Oberfläche als die in rotglühenden Formen hergestellten. Die Erklärung darf wohl so lauten: Damit das Gold auf dem Wege durch die kalten Kanäle und während des Ausfüllens der kalten Form nicht vorzeitig erstarrt, muß es weit über seinen Schmelzpunkt hinaus erhitzt werden. Wenn nun das überheiße Metall mit der kalten Form in Berührung kommt, erhitzt es die angrenzenden Teile der Masse, während die entfernteren kühl bleiben. Es besteht damit die Möglichkeit, daß Spannungsdifferenzen durch die nach dem Hitzegrade verschiedenen Volumenänderungen entstehen. Daß diese ihren Einfluß auch auf die Form und damit auch auf die Oberfläche des flüssigen Goldes geltend machen müssen, ist erklärlich. Man wird also dem Guß in glühende Formen den Vorzug geben. Außer dieser angeführten Tatsache sprechen noch andere gewichtige Gründe dafür. Nur die Gußapparate, die ein augenblickliches Einwirken des Druckes auf das flüssige Metall ermöglichen, kommen für das Arbeiten mit kalten

Formen in Betracht, so daß die vielangewendete Methode, den gespannten Wasserdampf als Druckmittel in der Form des einfachen Stempels mit feuchter Asbesteinlage zu benützen, versagen würde. Ferner läßt sich Gold nur an ebenfalls möglichst heißes Gold angießen. Nur so besteht die Möglichkeit der unmittelbaren Vereinigung beider Teile, wie Greve (Breslau) wenigstens für Edelmetallgüsse gezeigt hat. Auch sind beim Guß in kalte Formen häufiger Mißerfolge, wie unvollständiges Ausfließen der Form usw., zu beobachten.

Der Gedanke, daß Modell und Werkstück auch genau in der Größe übereinstimmen müssen, ist dabei noch ganz unberücksichtigt geblieben. Schließlich ist der Gußvorgang selbst auch nicht ohne Einfluß auf die Oberflächenform. Es scheint geraten, mit dem Druck möglichst sparsam umzugehen. Ein noch so kleiner Ueberdruck reicht schon aus, um das Metall in die Form zu pressen, während bei hohem Druck die Gefahr besteht, daß die Kraft des einströmenden Goldes die Form zerstört, zum mindesten aber die glatten Wände des Hohlraums beschädigt. Man wird daher den Maschinen den Vorzug geben, die mit einem geringen Kraftaufwand arbeiten.

Alle diese Beobachtungen zeigen, daß man durch eine sorgfältige und kritisch betrachtete Arbeitsweise wohl imstande ist, auch mit dem Ueberdruckgußverfahren relativ glatte Gußstücke zu erhalten. Doch wird das beste Resultat immer noch die Rauhigkeiten aufweisen müssen, die der Korngröße und -form des als Einbettungsmaterial verwendeten Stoffe entsprechen. Es liegt daher nahe, einen möglichst feinkörnigen Stoff hierzu zu nehmen. Jedoch ist dies nicht die einzige Bedingung, die er erfüllen muß. Unbedingt notwendig ist es auch, daß die Masse genügend feuerfest ist und im erhitzten Zustande nicht schrumpft. Wünschenswert wäre dagegen eine geringe Expansion bei höherer Temperatur, die die Kontraktion des Goldes ausgleichen oder wenigstens teilweise beheben könnte. Weiter muß von dem Einbettungsmaterial eine gewisse Festigkeit gefordert werden, die ausreicht, dem beim Guß aufgebotenen Drucke standzuhalten. Die nötige Porosität, um der durch das Erhitzen allerdings schon sehr verdünnten Luft eine Abzugsmöglichkeit zu geben, braucht wohl nicht erst besonders verlangt zu werden, da sie allen in Betracht kommenden Stoffen schon eigen ist. Nur klein ist die Zahl der Substanzen, die diesen Anforderungen einigermaßen genügen. Ganz erfüllt sie bisher kein Material. Geeignet erscheinen nach den Untersuchungen von Markus L. Ward die Oxyde und Salze des Siliciums, Aluminiums, Magne-

siums und Calciums. Der Gips allein eignet sich wegen seines starken Schrumpfens und seiner ungenügenden Feuerfestigkeit nicht, ist aber unentbehrlich als Bindemittel und wird von Ward mit dem Quecksilber in den Amalgamen und der Säure in den Zementen verglichen. Die Aluminium- und Magnesiumverbindungen müssen nach seinen Untersuchungen wegen ihrer zu großen Kontraktion beim Erhitzen ausscheiden. Das Calciumkarbonat wird bei höherer Temperatur kaustisch und zerfällt zu Pulver, so daß es auch für unsere Zwecke unbrauchbar wird. Das einzige geeignete Material ist das Siliziumdioxyd, die Kieselsäure, die sich beim Erhitzen leicht ausdehnt und durchaus feuerfest ist. Ward verwendet sie auch und hält ein Gemenge von 14 Gewichtsteilen gröberen, 10 Teilen feinsten Sand und 7 Teilen Gips für die beste Formmasse. Die Größe der einzelnen Bestandteile errechnet er aus ihrem Porenvolumen. Durch die verschiedene Korngröße erhält er eine höhere Festigkeit, die bei den zu seiner Zeit gebräuchlichen Gußmaschinen mit ihrem hohen Drucke wohl größer sein mußte als bei den heute meist in Anwendung befindlichen, die nur mit geringem Ueberdruck arbeiten. Aber noch einen anderen Vorteil hat die Verwendung des gleichen Stoffes in zwei verschiedenen Größen. Das Porenvolumen eines gleichmäßig zusammengesetzten Materials ist bekanntlich größer als das einer Substanz, die aus verschieden großen Körnern besteht. Da sich nun die Größe des Gipsanteiles nach den Porenvolumen richtet, so besteht bei verschieden großer Körnung die Möglichkeit, die Menge des Gipszusatzes herabzusetzen. Solbrig kommt bei seinen Untersuchungen über die Formveränderungen im Gußverfahren zu einem demjenigen Wards ungefähr gleichen Ergebnis. Um die Größe des unbedingt nötigen Gipsanteiles zu ermitteln, bestimmt auch er das Porenvolumen des von ihm verwendeten feingemahlenen Hohenbockaer Sandes und erhält 34%. Umgerechnet ergäbe dies auf 100 g Sand 20 ccm Gipsbrei. Der besseren Verarbeitung wegen wählt er aber 100 g Sand und 25 g Gips, die er mit 40 ccm Wasser anrührt. Desgleichen bewährt sich nach Lane am besten die Formmasse, die 3—4 Gewichtsteile Kieselsäure auf 1 Teil Gips enthält. Auch Schoenbeck findet, daß die Formveränderungen nach dem Erhärten der Masse und Ausbrennen des Wachses bei einem möglichst gipsarmen Gips-Sandgemenge am geringsten sind. So zeigt sich, daß eine Mischung von 3—4 Gewichtsteilen Sand und 1 TeileGips vor allen anderen Massen geeignet ist, den Forderungen der Feuerfestigkeit und Formbeständigkeit während des Erstarrens und Erhitzens gerecht zu werden. Daß auch die Porosität vorhanden sein muß, beweist schon die mit den Fingern fühlbare Körnung einer der-

art zusammengesetzten Masse. Gerade diese Beobachtung aber gibt darüber Aufschluß, daß eine solche grobsinnlich schon wahrnehmbare Korngröße einen glatten Guß zur Unmöglichkeit macht.

Es ist deshalb schon oft versucht worden, die Poren der Einbettungsmasse mit einem feinkörnigeren Material auszufüllen und dadurch eine glatte Oberfläche der Gußstücke zu erreichen. Unbedingt muß aber gefordert werden, daß hierdurch keine ungünstigen Formveränderungen ausgelöst werden und die Festigkeit gewahrt bleibt. Im folgenden sollen nun alle die Stoffe untersucht werden, die ihrer Natur nach als Füllkörper, wenn man es so bezeichnen kann, in Betracht kommen könnten oder dafür von anderer Seite in Vorschlag gebracht wurden. Zuvor sollen noch die beiden Grundstoffe der Formmasse, der Gips und die Kieselsäure, ihrer Korngröße und -gestalt nach betrachtet werden. Zur Untersuchung wurden die Materialien in Wasser oder Glyzerin auf einem Objektträger möglichst fein verteilt. Zum Vergleich der Korngröße diente ein im Okular befindliches Meßmikrometer, das allerdings die Größe der untersuchten Stoffe nicht in absoluten Zahlen angibt, sondern nur einen Vergleichsmaßstab darstellt, wenn man die Vergrößerung in der Optik unberücksichtigt läßt. Eine Umrechnung in die gebräuchlichen Maße wäre wohl möglich, ist aber unnötig, da es sich auch hier wieder nur um Vergleichswerte handelt.

Der Gips, dessen Halbhydrat beim Anrühren mit Wasser unter Bildung der kleinen sich verfilzenden monoklinen Dihydratnadeln zu einer festen Masse erstarrt, bildet einen wesentlichen Bestandteil aller zum Einbetten gebrauchten Massen. Da für die Oberflächengestaltung der Gußstücke nur der bereits abgebundene Gips in Frage kommt, soll uns hier nur der feinere Bau des Dihydrates beschäftigen. Die nadelförmigen Kristalle haben eine durchschnittliche Länge von 4 und eine Breite von 0,3 Teilstrichen des Mikrometers. Die Größenunterschiede sind ganz unbeträchtlich. Der Gips wäre also wegen seiner kleinen und regelmäßigen Kristalle sehr wohl geeignet, verhältnismäßig glatte Oberflächen bei unseren Gußstücken zu erzielen, wenn nicht die obengenannten Gründe einen möglichst kleinen Gipszusatz verlangten, so daß die äußere Form doch von dem zweiten Bestandteile, der Kieselsäure, abhängig ist.

Diese wird wohl zumeist in der Form des Hohenbockaer Sandes gebraucht, der auch die feinste Ausmahlung aller Sandarten darstellt. Er besteht zu 99,82% aus Siliziumdioxyd und wird viel in der keramischen Industrie, so auch zur Herstellung der künstlichen Zähne,

verwendet. Seine mikroskopische Untersuchung zeigt einen durchschnittlichen Korndurchmesser von 0,75 bis 3 Teilstrichen. Jedoch weichen die scharfkantigen, vielflächigen Körner in ihrer Größe weit über und unter den Durchschnitt von der Norm ab. Die kleinsten sind 0,25, die allerdings wenig zahlreichen größeren bis zu 30 Teilstrichen in ihrem Durchmesser lang, was natürlich nicht zu einer gleichmäßigen Oberflächenform der Gußstücke führen kann.

Bei den nun im folgenden beschriebenen Stoffen, die als Füllkörper in Betracht kommen, sind auch gleich die Ergebnisse angegeben, die mit ihnen im Gußverfahren erreicht wurden, wenn die mikroskopische Untersuchung ihre Brauchbarkeit erwies oder andere Autoren sie erfolgreich verwendeten.

In erster Linie wurden die Verbindungen des Aluminiums und Magnesiums berücksichtigt, die ja den Forderungen der Feuerfestigkeit und Porosität genügen. Die bei ihnen beobachtete Schrumpfung läßt es allerdings angezeigt erscheinen, möglichst geringe Mengen zuzusetzen. Desgleichen darf der Gipsanteil ihretwegen nicht gesteigert werden, so daß man im höchsten Falle auf drei Gewichtsteile des Kieselsäure-Füllkörpergemenge einen Teil Gips nehmen kann. Weiterhin muß der Zusatzstoff, um überhaupt seinen Zweck erfüllen zu können, eine bedeutend geringere Korngröße aufweisen, als sie dem zumeist gebrauchten Hohenbockaer Sande eigen ist. Für eine nur wenig glattere Oberfläche wird man kaum die durch das Vermischen mehrerer Stoffe entstehenden Nachteile eintauschen können. Die hier angeführten Punkte sind nun bei der Prüfung der Aluminiumoxyde und -Silikate, die in mehreren käuflichen Massen vorgefunden werden, genau im Auge zu behalten. Das einzige Aluminiumderivat, das bei der makroskopischen Betrachtung die erforderliche feine Körnung zeigt, ist ein unter dem Namen bolus alba in der Pharmazie gebrauchtes Aluminiumsilikat. Zwischen den Fingern verrieben, läßt sich eine fühlbare Körnung nicht mehr feststellen. Die mikroskopische Untersuchung zeigt eine durchschnittliche Korngröße von 1—3 Teilstrichen, während sie bei den kleinsten Körpern 0,25 und bei den größten 10 beträgt. Doch sind keine scharfen Ecken und Kanten vorhanden, sondern eine stets gleichmäßig abgerundete Form. Dieser letzte Umstand bewirkt wohl den günstigen Ausfall der Untersuchung mit dem bloßen Auge und dem Tastgefühl gegenüber dem im Durchschnitt doch fast gleich großen, aber scharfkantigen Sande und könnte wohl dazu beitragen, die Rauhigkeiten der Gußstücke etwas zu bessern. Es wurden nun Gips, Sand und bolus in wechselnden Mengen

aber immer unter Wahrung der oben gezogenen Grenzen gründlichst vermischt, wozu jedoch, wie Grawinkel gezeigt hat, ein einfaches Verrühren der zusammengeschütteten Stoffe nicht ausreicht. Er verlangt häufiges Durchsieben mit abwechselndem Verrühren. Daß nur eine wirklich bis in den feinsten Teilen gut vermischte Formmasse den an sie gestellten Ansprüchen genügen kann, ist selbstverständlich. Sämtliche Massen, die mehr als zehn Gewichtsprozent bolus alba enthielten, konnten nun nach meinen Beobachtungen wegen ihrer allzu geringen Festigkeit zum Gußverfahren bereits nicht mehr verwendet

Abbildung 1.

Oberfläche eines in Bolus enthaltender Einbettungsmasse gegossenen Stückes bei 25facher Vergrößerung. Wenn man in Abbildung 3 nur die glatten Stellen betrachtet, die ein Negativ der zusatzfreien Formmasse darstellen, ist ein deutlicher Unterschied zu erkennen.

werden. Auch die mit kleinem bolus-Zusatz zum Guß gebrauchten Massen zeigten durchaus keine Verbesserung der Gußstücke. Ihre Oberfläche ist in bedeutend stärkerem Maße rauh und uneben, als die der mit derselben Masse aber ohne bolus-Zusatz eingebetteten und unter möglichst gleichen Bedingungen gegossenen Stücke.

Die Erklärung dieser Tatsache ist wohl nicht schwer. Der mit Rücksicht auf die Formbeständigkeit und Festigkeit nur klein gewählte Zusatz ist vollständig unzureichend, durch seine geeignetere Korngröße und -gestalt einen Einfluß auf die Oberfläche des flüssigen Metalles auszuüben. Ferner scheinen die verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten von Sand und bolus in der erhitzten

Masse zu Spannungsunterschieden zu führen, denen der bei höherer Temperatur sich zersetzende Gips nicht mehr standhalten kann und die dann natürlich die glatte Wand der Gußform zerstören. Diese Kräfte brauchen aber noch nicht so groß zu werden, daß sie sich dem bloßen Auge schon als Sprünge zeigen, genügen jedoch, um die Oberflächenform der Gußstücke zu beeinflussen. Wenn auch die als Lehme bezeichneten Stoffe, meist durch geringfügige Eigen- und Kalkbeimengungen verunreinigt sind und die zu den Versuchen benützte bolus alba nicht daraufhin nachgeprüft wurde, so ist doch anzunehmen, daß selbst beim Gebrauche eines bestimmt chemisch reinen Stoffes das Ergebnis der Untersuchungen nicht wesentlich verbessert worden wäre. Das gleiche ungünstige Resultat mit Aluminiumverbindungen als Einbettungsmaterialien bestätigt außer Ward, wie oben schon erwähnt wurde, auch Lane, der sie als unverläßlich bezeichnet.

Von den Magnesiumverbindungen werden Talkum, ein kieselsaures Magnesium von der Formel $H_2Mg_2Si_4O_{12}$, und Asbest, ein Kalzium-Magnesiumsilikat, als Zusatzmittel empfohlen. Doch zeigen auch sie beim Erhitzen eine große Schrumpfung und dürfen deshalb auch, wie bolus alba, nur in geringen Mengen verwendet werden. Makroskopisch stellt der Talg ein bläulich-weißes Pulver mit kaum sicht- und fühlbarer Körnung dar. Er zeigt einen stumpfen Glanz und fühlt sich leicht fettig an, eine Eigenschaft, die auch dem Seifenstein, einem Magnesium-Aluminiumsilikat, wie es ja der Name schon dartut, gleichfalls zukommt. Seine Korngröße ist ungefähr der der bolus albo gleich. Sie schwankt zwischen 0,3—8, im Mittel zwischen 1—3 Teilstrichen. Die einzelnen Körner sind einigermaßen regelmäßige vielflächige Körperchen mit allerdings etwas mehr abgestumpften Kanten als die des Siliziumdioxydes. Diese Eigenschaften lassen den Talk noch weniger als bolus alba geeignet erscheinen, die Poren der Einbettungsmasse auszufüllen. Ganz unmöglich aber macht seine Verwendung folgende Beobachtung: Wenn er auch noch so gründlich mit der Masse in der gleichen Menge wie bolus alba vermischt und der Beweis hierfür durch die mikroskopische Untersuchung erbracht wird, zeigt doch ein Würfel der erhärteten Masse, senkrecht durchschnitten, schon mit bloßem Auge eine deutliche verschiedene Zusammensetzung. In der durch eine rein weiße Farbe gekennzeichneten Sandgipsmasse heben sich deutlich kleine, scharf abgesetzte Inseln mit einem mehr ins bläulichweiße spielenden Farbtone ab, die nach der Seite des Würfels zu. die die obere Fläche der noch plastischen Masse bildete, häufiger werden. Noch deut-

licher wird das Bild, wenn man es bei starker Vergrößerung betrachtet. Zu diesem Zwecke wird der gut ausgetrocknete Würfel mit der schon betrachteten Seite nach unten auf einem angerauhten Objektträger mit bei gewöhnlicher Temperatur festem Kanadabalsam angeschmolzen. Die Einbettungsmasse wird nun mit einer feinen Feile bis auf eine dünne, durchsichtige Scheibe abgetragen, die unter dem Mikroskop den Aufbau der Masse erkennen läßt. Diese Methode wurde auch bei allen anderen untersuchten Massen angewendet, da sie ganz naturgetreue Bilder liefert. Auch im vorliegenden Falle gab diese Untersuchungsart den Aufschluß über die allerdings schon vorher zu erratende Zusammensetzung der durch die Farbe unterschiedenen Inseln. Sie bestanden fast ganz aus den leicht erkennbaren Talkumkörnern, während die übrige Masse nur ganz vereinzelt Talkumteilchen enthielt. Diese Erscheinung deutet darauf hin, daß sich die Masse beim Anrühren mit Wasser entmischt. Der Grund hierfür liegt wohl in der schon erwähnten fettartigen Beschaffenheit des Talkes, die im Vergleich zu dem hygroskopischen Gips ein nur langsames Durchtränken mit Wasser gestattet oder dies vielleicht gar ganz unmöglich macht. Daß deshalb eine Talk enthaltende Masse sich nicht zum Einbetten eignet, braucht nicht erst betont zu werden.

Gleichfalls muß die zweite in Betracht kommende Magnesiumverbindung, das Asbest, abgelehnt werden. Seine schon makroskopisch erkennbare Faserung läßt es von vornherein als unbrauchbar erscheinen. Die einzelnen Fasern sind 2 bis 50 Teilstriche lang, im Mittel 5 bis 15 und 0,25 bis 5 breit. Lane berichtet folgende Beobachtung. Asbest enthaltende Massen erzeugen keinen scharfrandigen Guß, als ob beim Erhitzen vom Asbest ein Gas ausginge, das das gänzliche Ausfüllen der Form mit Gold behindert.

Im Gegensatz zu Asbest wäre der Korngröße und -Gestalt nach das Calciumkarbonat in Form der Schlemmkreide sehr wohl als Füllkörper zu verwenden. Die rundlichen, amorphen Körner sind 0, 25 bis 2,5 Teilstriche groß, im Mittel 0,5 bis 1. Es ist auch in mehreren käuflichen Massen enthalten, obwohl es sich wegen seiner ungenügenden Feuerfestigkeit und seines starken Schrumpfens bei höherer Temperatur durchaus nicht dazu eignet. Beim Erhitzen zerfällt es in Ca 0 und CO_2. Die dann durch den Ausfall der Schlemmkreidekörner geschaffenen Lücken füllt beim Gießen das flüssige Metall aus und führt dadurch zur Bildung von Rauhigkeiten auf der Oberfläche der Gußstücke, während das zersetzte Karbonat in dem Hohlraum der Form das völlige Ausfließen des Goldes verhindert. Die Kreide kann also zur

Verbesserung unserer Gußstücke nicht beitragen, sondern gibt noch schlechtere Resultate als die zusatzfreie Gips-Kieselsäure - Einbettungsmasse. Um dennoch die feine Körnung der Schlemmkreide ausnützen zu können, wurde die Gußform nur soweit erhitzt, als es zum Ausbrennen des Wachses und Verdampfen des Wassers nötig war. Der Guß selbst wurde bei völlig erkalteter Form vorgenommen. Dennoch zeigten die so erhaltenen Gußstücke dasselbe Aussehen, wie die in die glühende Form gegossene, da ja die Form durch das in diesem Falle notgedrungen weit überhitzte Metall im Augenblick auf die fast gleiche Temperatur gebracht wird, was dann natürlich auch zur Zersetzung der Kreide führen muß. Daß im übrigen auch gewichtige Gründe gegen das Gießen in kalte Formen sprechen, ist oben bereits auseinandergesetzt.

Weiterhin wird oft Bimsstein als Einbettungsmaterial gebraucht. Doch allein die Tatsache, daß selbst der feinst gepulverte Stoff noch als Schleifmittel für Gold und Kautschuk verwendet wird, erhellt, daß es zwecklos ist, ihn als Zusatzmittel benützen zu wollen. Seine unregelmäßig geformten, scharfkantigen Körner sind 1 bis 10 Teilstriche, im Durchschnitt 1,5 bis 3 groß. Außerdem schwächt er nach Lanes Angaben die Festigkeit der Einbettungsmasse. Versuche mit ihm wurden nicht weiter angestellt.

Als feuerfestes Material käme ferner auch Graphit in Frage, das ja beim Gießen schon in Form von Stiften gebraucht wird, um den von den Krampons der Porzellanfacetten beanspruchten Platz im flüssigen Metall auszusparen. Doch hat das feinste Graphitpulver immer noch eine Korngröße von 1 bis 20, im Mittel 1,5 bis 2,5 Teilstrichen und ist sehr scharfkantig und unregelmäßig geformt, sodaß es sich als Füllkörper nicht eignet. Keiner der untersuchten Stoffe ist also, wie wir gesehen haben, imstande, eine feinere Oberflächenform zu liefern, ohne in irgendeinem Punkte gegen die beim Gußverfahren allgemein zu erfüllenden Forderungen zu verstoßen.

Diese Tatsache führt Grawinkel dazu, die aus Lavasteinen und Erden hergestellten Massen zu verlassen und eine Metallisierung der Form zu versuchen. Er benutzt hierzu die sogenannten Metallbronzen. Diese sind äußerst fein gepulverte Metalle, die in Vereinigung mit einem Bindemittel dazu gebraucht werden, Gegenstände mit einem Ueberzuge zu versehen und so ihnen Metallfarbe zu geben. Wie mir die Standard Bronzefarbenwerke Carl Eckart in Fürth mitteilten, werden von ihnen die Bronzen auf mechanischem Wege gewonnen. Die Metalle werden zu dünnen Blechen ausgewalzt und durch besondere Maschinen zerrissen und zerstampft. Durch

Schüttelsiebe werden die feinsten Teilchen abgesondert, um dann in Stahlzylindern durch Bürsten weiter zerkleinert zu werden. Wie mir versichert wurde, kommen nur chemisch reine Metalle zur Verarbeitung. Verwendet werden Aluminium, Zink, Kupfer und deren Legierungen, um alle Metallfarbentöne herstellen zu können. Die fertigbereiteten Pulver werden mit Oel oder Fett verrieben, um den Farben einen höheren Glanz zu geben und sie vor Oxydation zu schützen. Ihrer feinen, weder fühl- noch sichtbaren Körnung wegen empfiehlt sie Grawinkel als Füllkörper für unsere Formmassen. Es ist schwer, unter dem Mikroskop ihre wirkliche Korngröße festzustellen, da sie fast immer zusammengeballt sind. Ihre durchschnittliche Länge dürfte 0,5 bis 1,25 Teilstriche und ungefähr dreimal so groß wie ihre Breite sein. Das Aluminium ist an seinen Ecken und Kanten besser abgerundet als das Kupfer. Vor allen Dingen wertvoll ist dabei die beinahe gleichförmige Größe und Gestalt der einzelnen Metallteilchen. Auch ist bei ihnen als Metallen wohl kein Schrumpfen, sondern eher eine Expansion beim Erhitzen zu erwarten. Jedoch liegen hierüber genaue Untersuchungen noch nicht vor. Diesen Vorzügen stehen aber einige Nachteile gegenüber, die die Verwendung der Bronzen als Einbettungsmaterialien unmöglich machen. Die im Handel erhältlichen Bronzen mit ihrem Fett- oder Oelzusatz lassen sich zwar bei sorgfältigem Arbeiten einigermaßen gründlich mit dem Gipssandgemenge vermischen, doch zeigt die mikroskopische Untersuchung, daß die Metallteile nur selten einzeln in der Masse liegen, sondern meist in kleinen Gruppen vereinigt sind. Sobald man die Masse zum Anrühren mit Wasser zusammenbringt, schwimmt fast das ganze Metallpulver auf der Oberfläche, als ob das anhaftende Fett ein Benetzen mit Wasser unmöglich machte. Doch auch nach gründlichem Entfetten der Bronzen bleibt das Bild das gleiche. Diese Erscheinung kann wohl durch folgendes erklärt werden. Der hygroskopische Gips und auch der Sand werden sofort mit Wasser benetzt, und ihre Poren sofort mit Wasser ausgefüllt, das infolge der Kapillaritätswirkung der Porengesamtheit selbst in die noch das Wasser überragende Masse eindringt, während die feinen, federleichten Metallteilchen von der im Vergleiche dazu stärkeren Oberflächenspannung des Wassers getragen werden. Daraus geht hervor, daß sich Füllkörper metallischer Natur kaum je mit Einbettungsmasse zu einem gleichförmigen Gefüge werden vereinigen lassen. Die einen Bronzezusatz enthaltenden Massen zeigen eine fischzugartige Anordnung der Metallteilchen, die die durch das Verrühren mit Gewalt geschaffene Vermischung

kund tut. (Abbildung 2.) Darunter muß natürlich die Festigkeit leiden, wie es auch der Versuch bestätigt. Der Metallzusatz darf nur höchstens 5 Gewichtsprozent ausmachen, soll nicht die erhitzte Masse bei dem kleinsten mechanischen Insulte zerfallen. Zu diesem, was allein schon die Untauglichkeit der Masse erweist, kommt noch die unzureichende Feuerfestigkeit. Aluminium, das sich wegen seines feiner abgerundeten Kornes besser als das

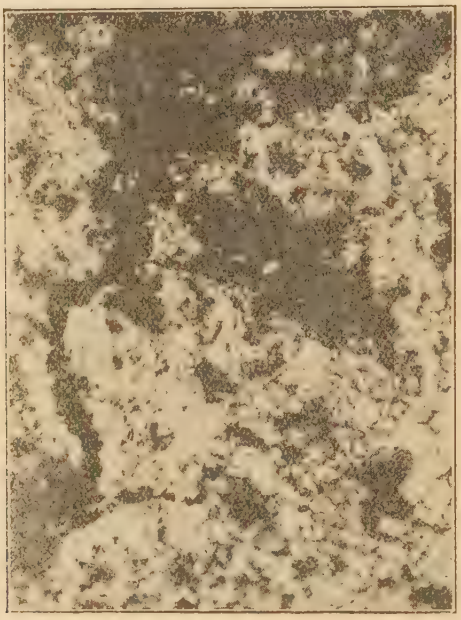

Abbildung 2.

Einbettungsmasse mit einem Zusatz von Kupferbronze bei 120facher Vergrößerung. Die Metallteilchen sind dunkel, im Gegensatz zu den hellen Sandkörnern und Gipskristallen. Die ungenügende Vermischung ist hierdurch leicht festzustellen.

scharfkantige Kupfer eignen würde, schmilzt bei 658 Grad ist also gar nicht imstande, die Temperatur des flüssigen Goldes auszuhalten. Die mikroskopische Untersuchung der Gußstücke, die in aluminium-bronzehaltiger Einbettungsmasse gegossen wurden, ergibt, daß das Gold die der Hohlform anliegenden Metallteile gelöst und ihren Platz eingenommen hat, ein Vorgang, der außer der Schädigung des Goldes statt der erhofften glatten Oberfläche nur größere Rauhigkeiten zeitigt. Die Messingbronzen eignen sich wegen ihres niedrigeren Schmelzpunktes wieder noch schlechter als die Kupferbronze, die schließlich eher verwendbar wäre, da sie bei einer um

20 Grad höheren Temperatur als Feingold schmilzt und die Differenz bei der Verwendung von Goldlegierungen als Gußmetall noch größer werden. Doch erhält man, auch wenn reine Kupferbronze der Masse zugesetzt wird, dieselben Ergebnisse, wie sie bei dem Aluminium geschildert wurden. (Abbildung 3.) Daran kann auch, wie der Versuch gezeigt hat, der Guß in kalte Formen nichts ändern. Die Differenz zwischen dem Schmelzpunkt des Kupfers und dem des Goldes ist eben zu klein, als daß sie auch bei noch so sorgfältiger Arbeit genügend be-

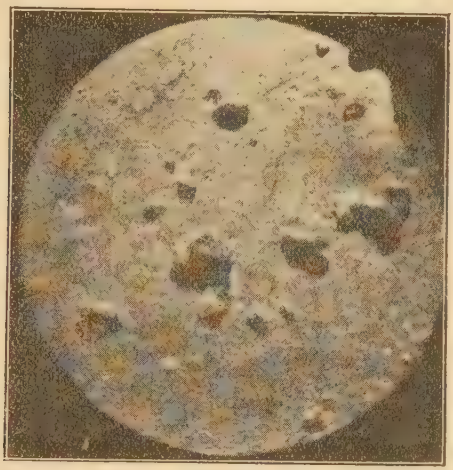

Abbildung 3.
Oberfläche eines in Kupferbronze enthaltender Einbettungsmasse gegossenen Stückes bei 25facher Vergrößerung. Die groben Rauhigkeiten sind durch den Ausfall der Metallteilchen entstanden. Gleichzeitig zeigt dieses Bild auch die beim Anrühren mit Wasser eingetretene Entmischung, da größere Flächen relativ glatt sind.

rücksichtigt werden könnte. Man kann daher wohl über die Bronzen als Zusatzmittel sagen, daß trotz ihrer Vorzüge, des kleinen und relativ gleichmäßigen Kornes und der die Kontraktion des Goldes ausgleichenden Ausdehnung beim Erhitzen, die Unmöglichkeit gründlicher Durchmischung, die geringe Festigkeit und die ganz unzulängliche Feuerbeständigkeit ihre Anwendung verbieten.

Und selbst wenn man ein allen Anforderungen genügendes Material als Füllkörper fände, müßte man es immer noch als unzureichendes Hilfsmittel betrachten, da zwei verschiedene Stoffe vermischt, einen größeren Gipszusatz verlangen, um eine noch genügend große Festigkeit zu behalten. Doch scheint es möglich, auf einem anderen Wege die Lösung der gestellten Aufgabe zu erreichen. Wie bei der Untersuchung der als Zusatz-

mittel in Frage kommenden Stoffe immer hervorgehoben wurde, ist neben der Korngestalt vor allen Dingen die Korngröße der verwendeten Materialien der ausschlaggebende Faktor bei der Erreichung möglichst glatter Gußstücke. Nun wurden z. B. die Schlemmkreide mit einer durchschnittlichen Korngröße von 0,5 bis 1 und die Metallbronzen mit einer solchen von 0,5 bis 1,25 Teilstrichen schon als genügend feinkörnig erachtet, um eine wesentliche Verbesserung der Oberflächengestaltung zu erreichen. Noch bedeutend kleiner aber sind die feinsten Teile des Hohenbockaer Sandes, deren Größe 0,25 beträgt. Wenn nun schon eine so feine Ausmahlung erreicht worden ist, müßte es doch ohne besonders große Schwierigkeiten und allzu hohe Kosten, die ja freilich der geringe Bedarf für unsere Zwecke nicht lohnen dürfte, möglich sein, die feineren Körner von den allerdings zahlreichen größeren, die der Masse ihren grobkörnigen Charakter geben, zu trennen. Es wäre dann auch ein leichtes, zwei verschiedene Korngrößen in einem bestimmten Verhältnisse nach dem Vorbilde Wards zu vermischen, wenn die Festigkeit einer einheitlich zusammengesetzten Masse zu gering sein sollte. Eine solche Formmasse könnte allen Anforderungen genügen und würde glattere Gußstücke liefern, als alle bisher gebräuchlichen. Eine Ueberspannung der Ansprüche dürfte es aber darstellen, wollte man erwarten, ohne Anwendung des Preßdruckverfahrens auf dem Gußwege Metallstücke herzustellen, die in der Glätte der Oberfläche mit gewalzten Metallblechen wetteifern könnten. Die Struktur der Goldlegierungen selbst dürfte das zur Unmöglichkeit machen. Es darf nicht vergessen werden, daß bei gewalzten Blechen die Kristallverbände der Oberfläche bereits eine mechanische Formveränderung erfahren haben. Bei Gußstücken wird ein Poliervorgang daher zur Herstellung einer absolut glatten Oberfläche nie ganz entbehrt werden können.

Zum Schluß sei mir gestattet, Herrn Privatdozenten Dr. Karl Greve für die Anregung zu dieser Arbeit und die mannigfachen Ratschläge während der Untersuchungen meinen herzlichsten Dank auszusprechen. Großen Dank schulde ich auch Herrn Privatdozenten Dr. Wilhelm Meyer und Herrn Dr. Friedrich Meyer für ihre liebenswürdigst gewährte Unterstützung bei der Herstellung der Mikrophotogramme.

Lebenslauf.

Am 7. Juni 1903 wurde ich in Neurode im Eulengebirge als Sohn des Zahntechnikers Josef Jung geboren. Ich besitze die preußische Staatsangehörigkeit. Ostern 1922 erhielt ich am Gymnasium in Glatz das Reifezeugnis und studierte vom Sommersemester 1922 an Zahnheilkunde. Die ersten 4 Semester absolvierte ich in Breslau, das 5. in Würzburg und die letzten 3 wieder in Breslau, wo ich am 18. Dezember 1925 die zahnärztliche Prüfung mit sehr gut bestand. Die Approbation als Zahnarzt erhielt ich im Januar 1926.

FRITZ JUNG.

Druck: HANS PUSCH,
Berlin SW 48, Friedrichstr. 231.